

# 泌阳凹陷下第三系核桃园组湖相 隐藻层纹石岩的发现及其环境意义

王云飞 王苏民 冯敏

(中国科学院南京地理与湖泊研究所)

**提要** 泌阳凹陷下第三系核桃园组,在沉积上表现为一个大的湖退层序。在深盆浅水和干化深盆时期,陆源碎屑周期性地输入与泥坪上生长的造碳酸盐岩非骨骼藻群落结合,形成了不同频率的隐藻层纹石岩旋回。由于隐藻层纹石岩的特殊组构、沉积层序和对沉积环境的较大依存性,使之成为古环境分析的良好指标,也为油气勘探提供有价值的依据。

**主题词** 湖相沉积 湖退层序 隐藻层 纹石岩 沉积环境 泌阳凹陷

**第一作者简介** 王云飞 男 48岁 副研究员 岩石矿物

泌阳凹陷位于河南省泌阳、唐河等县境内,是中新生代一个小型的内陆断陷含油气盆地,为正在开发的油田。1987年我所与河南油田勘探开发研究院合作,对下第三系核桃园组含油气地层进行了细分沉积相研究。在工作中笔者发现:古湖泊沉积物中隐藻层纹石岩分布较广且发育典型,是盆地中特殊的沉积岩类型(图版I, 1)。“隐藻”一词最早在1967年由Aitken提出,用于命名所有造碳酸盐岩非骨骼藻类的生物沉积构造。由于隐藻岩类对生油和古环境分析具有重要意义,所以关于隐藻层纹石岩的岩石学特征和形成环境,在海洋碳酸盐岩研究中已有大量报道,但在湖泊中隐藻层纹石岩发现很少,研究报道也不多。本文以研究所获的丰富资料,对古湖相隐藻层纹石岩的岩石学特征、纹层结构成因及环境意义作分析,为重建泌阳凹陷古地理环境和油田开发、勘探提供科学依据。

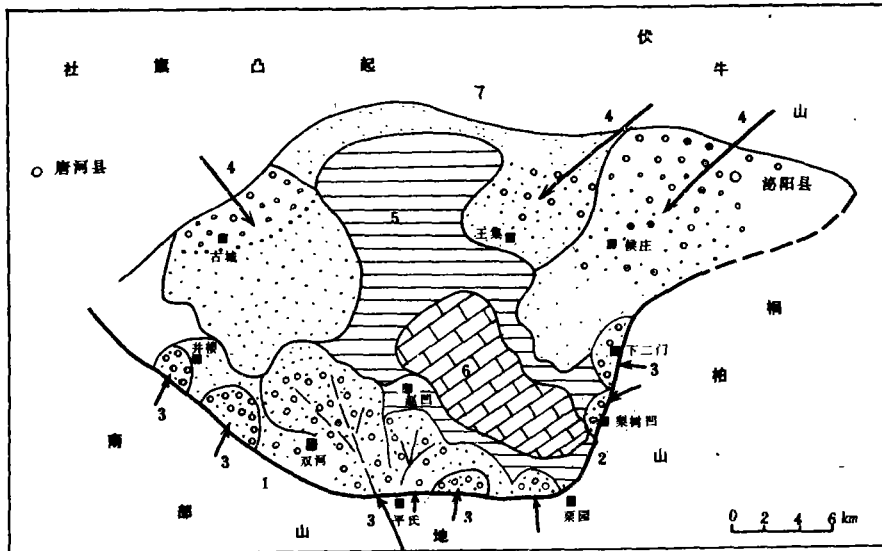
## 一、盆地的构造背景和沉积格架

泌阳凹陷是南襄盆地内次一级构造单元,面积约1000km<sup>2</sup>。中国板块的东部边缘,在中新生代演化过程中有三次重要的成盆时期(王尚文, 1983)。泌阳盆地属早喜马拉雅运动期(K<sub>2</sub>—E<sub>3</sub>)发育在秦岭褶皱带背景上的中新生代断陷盆地。北西西向唐河—栗园大断裂的右旋张扭活动,构成了凹陷的南部边界。稍后受郟庐断裂带右旋影响,派生的北东向栗园—泌阳断裂,构成东南边界。紧邻南部控盆断层北侧,为凹陷最深部位,基底埋深约8300m,向北埋深渐浅为2000—5000m(李纯菊等, 1987)。使整个凹陷南陡北缓,构成单断箕状盆地外形(图1)。

在元古代变质岩基底上堆积了自古新统以来的玉皇顶组、大仓房组(E<sub>1+2</sub>)、核桃园组(E<sub>3</sub>)、廖庄组(E<sub>3</sub>)和上寺组(N<sub>1</sub><sup>2</sup>)等地层。

渐新统核桃园组地层是泌阳盆地构造深陷期的产物,总厚度超过3000m,由于构造强度和幅度的变弱变小,相应地湖泊规模也随之缩小,整个核桃园组表现为一个大的湖退层

序。核桃园组下部以深灰、灰黑色泥岩为主，与灰色细砂岩不等厚间互层。上部泥岩颜色变浅、变红，并以白云岩为主，个别层段可见苏打、天然碱层；粗碎屑沉积粒度则变粗，以浅灰、灰白色砾状砂岩、含砾砂岩为主。在上述湖退背景下，气候的波动和断裂的活动造成许多次级旋回，使得核桃园组地层具有多旋回的特点。根据各个旋回的沉积特点和沉积相时空组合关系，盆地的沉积格局表现为深盆深水和深盆浅水两大环境。在蒸发岩发育层段，盆地局部呈现干化深盆的沉积面貌。



1.唐河—栗园断层 2.栗园—泌阳断层 3.暂时性河流和扇三角洲沉积 4.河流和三角洲沉积 5.湖相沉积 6.湖湾蒸发岩沉积 7.盆地边缘剥蚀线

图1 泌阳凹陷下第三系核桃园组构造与沉积简图 (据李纯菊,1987, 修改)

Fig.1 Structure and sedimentary frame of Eocene Hetaoyuan Formation, Biyang Depression

当深盆深水时期，在盆地南部和东南部的陡坡侧，由于地形高差大，坡度陡，源近流急的河流携带丰富的物质直接入湖，呈扇状向湖伸展，广泛发育了扇三角洲沉积。在北部的缓坡侧，发育了河流、三角洲沉积体系。在这一时期的沉积地层中，未发现隐藻层纹石岩的存在。

深盆浅水和干化深盆时期，根据孢粉资料，指示干旱气候的麻黄含量明显增高，普遍超过10%，而最大可达30%以上。强烈的蒸发作用使湖泊急剧收缩，湖水浓缩，具有较高的盐度。泥岩的地球化学参数  $Sr/Ba$ 、 $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  含量明显增高， $Fe/Mn$  值下降，含有较多的蒙脱石。盆地的蒸发岩沉淀是苏打和天然碱，表明古卤水类型为  $N_a-CO_3-HCO_3$  型，高碱度的湖水极大的抑制了高等植物的生长。但据 T.D.Brock 的研究，蓝藻等低等植物对温度、碱度和盐度具有极大的忍耐度。在这种严酷的环境下蓝藻类却能得以生长和繁茂。由于降水减少，地表径流不发育，粗碎屑沉积向盆地搬运不远，故泥坪环境广泛发育，为藻类

的生长创造了良好条件。在干旱—半干旱气候背景下, 洪水期和枯水期的周期性变化以及突发的暴洪, 使陆源碎屑周期性地输入, 与泥坪上生长的藻结合, 使得藻类生长层与碎屑沉积交替进行。不同藻类群落及其生长规模的差异, 与不同周期的沉积物通量结合, 从而形成不同频率的隐藻层纹石岩旋回。

## 二、隐藻层纹石岩的形态和结构

据赵凹、下二门、王集等油田的岩心观察, 隐藻层纹石岩在泌阳凹陷分布较广。以赵凹油田为例, 核三段 I 油组至 IV 油组共有取心井 24 口, 其中 14 口井有隐藻层纹石岩分布。一般层厚数厘米至数十厘米, 最大连续厚度超过 1 米。岩性以灰黄色、深灰色泥质碳酸盐岩或碳酸盐泥岩为主, 表面保留隐藻结构, 形成暗层与亮层规律变化的纹层构造。根据隐藻层纹石岩的外形, 大体可分为两种:

### 1. 具有水平纹层构造的隐藻层纹石岩

岩石由深褐色暗层与浅灰色亮层构成, 层理清晰, 较稳定 (图版 I, 2)。经薄片鉴定, 每对纹层底部为褐色暗层, 受有机质侵染较深, 局部残留黄色油迹。经染色法和 X 衍射分析证实, 暗层由隐晶方解石和铁白云石组成。单层厚 0.03—0.2mm。在扫描电镜下, 暗层中富集大量藻丝体, 构成藻席形态。上部突变为浅色亮层, 由碳酸盐粒屑、细碎屑矿物、粘土矿物和较多的藻化石碎片组成。碎屑矿物粒径多小于 0.05mm, 长轴与层面近于平行。见藻丝体捕获较大碎屑物质的组构。亮层厚度不均 (0.01—0.3mm)。成层性和连续性皆较暗层差, 边缘呈不规则的锯齿状。部分亮层中的碳酸盐矿物经重结晶作用, 形成镶嵌状粗大方解石晶体。细碎屑物受重结晶分异作用, 集中在亮层顶底部呈带状, 成层性变好, 构成“钙片页岩” (图版 I, 3)。

### 2. 具有不规则变形纹层构造的隐藻层纹石岩

纹层同样由暗层和亮层组成, 但外形呈波状、穹状弯曲变形的不规则纹层构造 (图版 I, 4)。暗层与亮层的内部结构与水平状隐藻层纹石岩基本相同, 但陆源碎屑物质增多、增粗, 局部见粒径大于 0.25mm 象晶粒和晶屑粒被藻丝体捕获组成的簇状颗粒群。藻丝体规模较大, 见长度大于 5mm 的丝状有鞘藻化石。

本类隐藻层纹石岩的外形与叠层石很相似, 但亮层中陆源碎屑物质含量较高, 纹层的横向稳定性差, 单层增厚和分叉、尖灭频繁, 局部暗层与亮层相互穿插。表明它与典型的碳酸盐叠层石有区别。根据 C.L.V.Monty 关于层状隐晶组构成因和分类, 划入隐藻层纹石岩范畴较合理。

在岩心中和岩石薄片, 也发现隐藻岩在沉积过程中或早期成岩阶段受应力变形和冲刷破坏的现象, 使隐藻层纹石岩的形态具有更多的复杂性 (图版 I, 5)。

## 三、沉积层序和环境解释

岩心观察和分析表明, 不同层段的隐藻岩的外形、发育程度、岩石类型和矿物组成、碳酸盐和碎屑矿物含量等都有较大区别。它明显受隐藻层纹石岩形成条件的制约: 首先区域环境应适宜一定的藻群落生长, 并且藻类生长速度超过其他生物消耗藻体的速度; 隐藻层纹石

岩加积速度要大于钻孔和掘穴生物破坏和侵蚀作用以及机械、化学营力的破坏速度。其次沉积速率足以形成一个能保存的构造, 但又不妨碍藻丝体的超越性和殖入。因此不同的沉积环境和相带, 隐藻层纹石岩的形成条件也不同, 发育亦有差异。所以对含隐藻层纹石岩的层段的层序结构和组合关系作分析, 不仅可以进一步说明隐藻层纹石岩与沉积相的关系, 而且有利于揭示它形成时的古环境。

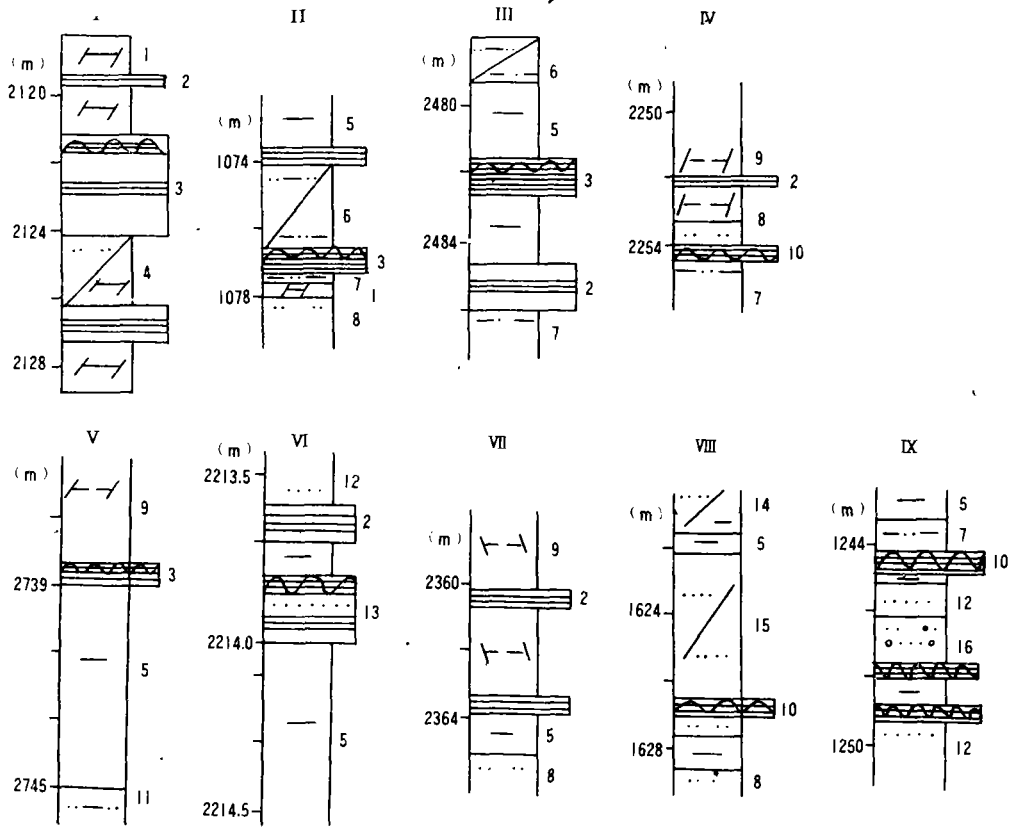
据泌阳盆地数十口取心井观察, 隐藻层纹石岩在云1井核三段I油组时期最发育。多处见连续厚度大于1米的厚隐藻岩, 全段累计厚度超过20m。云1井位于赵凹油田东北部, 在该点东南发育了以苏打、天然碱和石膏、白云岩为代表的典型干盐湖沉积层序。因此云1井应处于封闭、半封闭湖湾的碳酸盐坪环境(图4)。岩心中的隐藻岩均发育在泥质白云岩和粉砂岩互层段附近, 在厚层纯白云岩分布层段则缺失。例如2120—2128m层段见三段隐藻层纹石岩(图2, I): 底部为水平纹层的隐藻岩, 位于泥质白云岩之上; 中部厚层隐藻层纹石岩的下伏地层为泥质白云岩和粉砂岩的互层段, 向上渐变为变形纹层的隐藻岩; 上部为发育在泥质白云岩间的薄层水平构造的隐藻岩。岩石颜色为灰黄色, 致密, 保存较好。据薄片观察: 暗层由铁白云石构成; 亮层以0.01—0.04mm的白云岩屑为主, 它来源于附近碳酸盐坪上先期形成的白云岩粒屑, 其次少量0.05mm的细碎屑矿物和较多的藻化石。见丝状体捕获粒屑组构。岩石的碳酸盐含量大于85%。

在下二门油田隐藻层纹石岩发育时的环境组合表现为另一种形式, 其中以核三段I油组上部和核二段III油组为典型。通过210口井录井资料分析与砂体解剖, 从陆地向湖泊, 表现为泥砾扇—泥坪—破坏相席状砂沉积体系(图3)。东侧为近物源的泥砾扇沉积带, 西侧为湖泊波浪改造前期砂体后形成的席状砂带; 介于两者之间为宽广的泥坪相带。如浅1井核二段III油组 $3^{1-2}$ 小层1073—1078m层段隐藻层纹石岩发育于白云岩与粉砂质泥岩间(图2, II), 其下部为水平纹层状, 上部为变形隐藻岩, 厚约60cm。暗层以铁白云石和方解石为主。亮层除白云岩岩屑外还含较多的陆屑物质, 见较多藻化石。岩石碳酸盐含量约70%。在上覆的灰色、紫色泥质粉砂岩中见浪成波浪等浅水标志。1074m附近还见薄层水平状隐藻岩, 亮层由方解石组成。此外下二门油田泥砾扇—槽状洪流—泥坪沉积体系中, 由于洪水和陆源物质输入较多, 泥坪上隐藻层纹石岩的组构发育更典型。如5—114井核三段I油组 $3^3$ 小层时期(图2, III), 隐藻岩位于灰绿色、紫色粉砂质泥岩段附近, 见短期暴露标志, 亮层中粗大的藻丝体捕获粗碎屑物, 构成复杂的纹层构造。

此外在扇三角洲间湾和扇三角洲水道间的滩面上也发育薄层的隐藻层纹石岩。前者如赵凹油田泌117井核三段III油组1小层(图2, IV)和泌97井核三段IV油组3小层(图2, V)为代表(图4)。

隐藻层纹石岩分布在泥质白云岩、深灰色泥岩和泥质粉砂岩、粉砂岩之间, 厚度20cm左右, 碳酸盐含量60—70%。暗层由方解石和铁白云石组成, 亮层主要为白云岩屑。变形纹层状隐藻岩多分布在粉砂质含量较高的层段附近, 见虫孔与浪痕构造。水平纹层状隐藻岩, 分布在泥质白云岩与泥岩段。

当湖泊迅速退缩时, 扇三角洲水道间的滩面上发育的隐藻层纹石岩, 以厚度小于20cm薄层为主。赵凹油田泌86井2213.5—2214.5m层段的隐藻岩属于近岸水道间类型。陆源碎屑含量较高, 碳酸盐含量偏低, 约60%, 并以方解石为主。上覆粉细砂岩中见较多破坏相藻碎片以内碎屑方式保存, 泥岩中见方解石交代石膏的假晶(图2, VI)。泌73井2360—



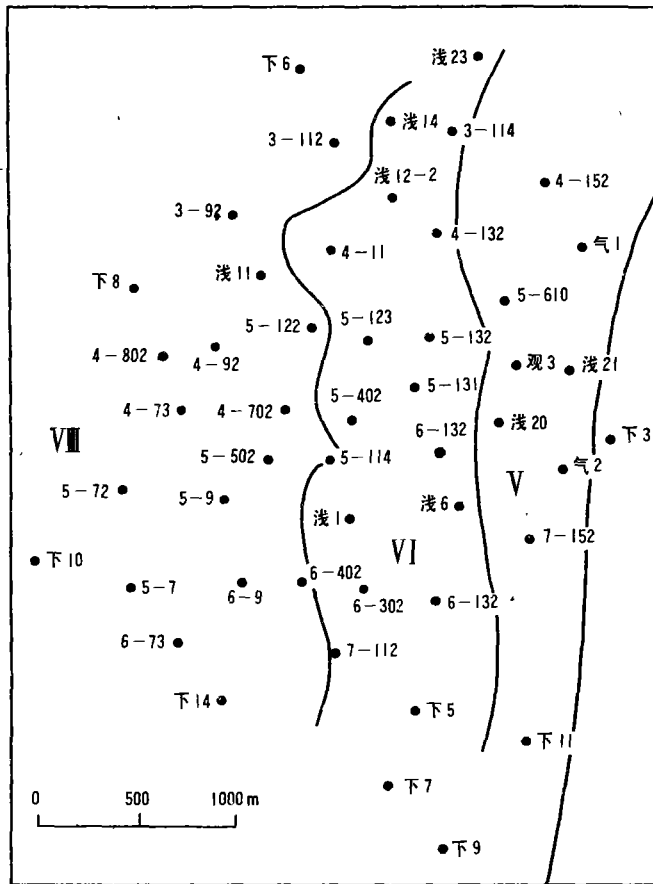
I. 云 1 井核三段 I 油组 II. 下浅 1 井核二段 3<sup>1-2</sup> 小层 III. 5-114 井核三段 I 油组 3<sup>3</sup> 小层 IV. 泌 117 井核三段 III 油组 1 小层 V. 泌 97 井核三段 IV 油组 3 小层 VI. 泌 86 井核三段 IV 油组 2<sup>3</sup> 小层 VII. 泌 73 井核三段 IV 油组 3<sup>3</sup> 小层 VIII. 4-11 井核三段 I 油组 5 小层 IX. 王 28 井核三段 II 油组 1<sup>2</sup> 小层 1. 泥质白云岩 2. 具有水平纹层构造的隐藻层纹石岩 3. 下部水平, 上部变形的隐藻层纹石岩 4. 粉砂岩与泥质白云岩互层 5. 泥岩 6. 泥质粉砂岩与粉砂质泥岩互层 7. 粉砂质泥岩 8. 粉砂岩 9. 白云质泥岩 10. 具有不规则变形纹层构造的隐藻层纹石岩 11. 泥质粉砂岩 12. 细砂岩 13. 隐藻层纹石岩中夹薄层砂 14. 粉砂岩与泥岩互层 15. 细砂岩与粉砂岩互层 16. 含砾细砂岩

图 2 隐藻层纹石岩的层序

Fig.2 The sedimentary sequence of cryptoalgal laminite

2364m 段隐藻岩为远岸水道间沉积, 以水平纹层构造为主, 碳酸盐含量较高 (70%), 矿物组成以白云石为主 (图 2, VII)。此外, 下二门油田 4-11 井核 II 油组 1<sup>2</sup> 小层 (图 2, IX) (图版 I, 6) 的隐藻层纹石岩也属扇三角洲水道间滩面类型, 性质大体相同。这类隐藻岩易受洪水冲刷破坏, 但因易于干化和重结晶固结, 所以也经常保存在地层中。

由以上典型层段隐藻层纹石岩分布的沉积相带和层序特征, 可以看出: 反映湖泊淡化过程中的高等植物残体和碳屑很少, 但保存较多的藻化石, 说明较高的盐度抑制了高等生物生长, 但为藻群落发育提供条件。据南京大学生物系古藻教研室对藻化石的鉴定, 它们多为蓝

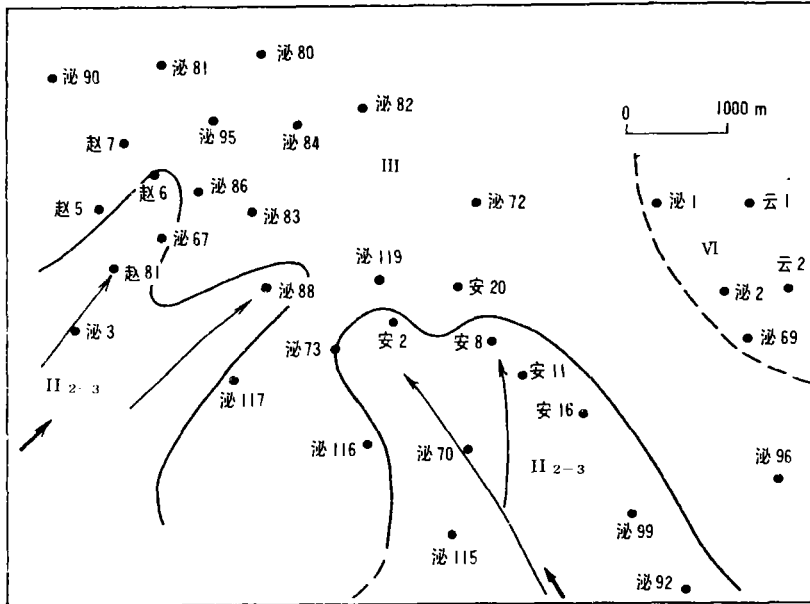


V. 洪积扇 VI. 碳酸盐泥坪 VII. 前缘席状砂 ● 井位  
图3 下二门油田核二段Ⅲ油组 $3^{1-2}$ 小层沉积相图

Fig.3 Distribution of sedimentary facies during  $3^{1-2}$  of  $H_{II}$  section interval, Xiaermen oil field area

藻门中有鞘藻群落：如鞘颤藻属 (*Lyngya*) 微颤藻属 (*Microcolens*) (图版 I, 7)、席藻属 (*Phormidium*)、水鞘藻属 (*Hydrocolens*) 等丝状藻种属。它们的生命活动具有向上的超越性，即在沉积物堆积后能够向上越过新的沉积物，在其界面建立新的表面藻席，并不断捕获运移中的碎屑物质。其次，隐藻层纹石岩分布层段，陆源碎屑沉积不发育，但在完全缺少陆源物质的地区，隐藻岩也少见。可见隐藻层纹石岩是在干旱—半干旱气候背景下，由于湖面收缩，湖水盐度增加，碳酸盐岩沉积发育，在泥坪相、扇三角洲间湾相和扇三角洲水道间滩面亚相，造碳酸盐岩非骨骼藻群落的生命活动和周期性输入的沉积物共同塑造的具有特殊沉积结构的碳酸盐岩。具有水平纹层构造的隐藻岩一般来说分布的水深较大，水动力作用较弱；具有不规则变形纹层构造的隐藻层纹石岩的分布区更靠近岸线，时而有短期暴露，对藻群落的生长发育更有利。因此微环境差异和藻群落类型、发育程度可能是形成两种外形不同

的隐藻层纹石岩的主要原因。



II<sub>2-3</sub> 扇三角洲前缘远岸水道与席状砂带 III. 前三角洲相 VI. 碳酸盐泥坪相 ● 井位

图 4 赵凹油田核三段 III 油组 1 小层沉积相图

Fig.4 Distribution of sedimentary facies during H<sub>III</sub><sup>3-1</sup> interval, Zhaowa Oil Field area

#### 四、隐藻层纹石岩与古环境和油气勘探

泌阳凹隐藻层纹石岩的特殊结构和形成机制,使它成为盆地古环境分析的良好标志。笔者在细分沉积相研究中,应用隐藻层纹石岩分布,成功地解释了许多与古环境有关的问题。下二门油田的物源方向过去认为来源候庄河流三角洲东南分支。但是泥砂供给较稳定的人湖河流沉积体和水下较长距离搬运,难以在沉积物中形成隐藻层纹石岩。所以物源区位于东部陡坡带扇三角洲沉积体系较为合理,并与陆源重矿物研究成果和解剖小层砂体得到的沉积相带平面展布取得一致的结论。其次赵凹油田东北部白云岩分布区曾认为是湖泊深水区,但是深水区不利于藻类生长,更不可能发育隐藻层纹石岩。现代白云岩研究表明,白云岩多形成在干旱—半干旱地区的封闭或半封闭高盐度的湖湾和泻湖。所以白云岩分布区的环境解释为扇三角洲间的半封闭浅水湖湾更合理。可见隐藻层纹石岩能有效地分析、解释盆地的古环境的有关问题。

现代生油理论认为藻类是重要的生油母质。泌阳古湖泊碳酸钠型水质和丰富的藻群落可能是该油田获得“小而肥”美名的重要原因。据隐藻岩薄片观察,普遍见薄片中有许多油斑、油迹,表明具有较好的生油潜力。湖泊的扩大与收缩,扇三角洲砂体后退与进积,在扇三角

洲前缘相带往往形成较好的生、储、盖层序，配合后期的构造变动和圈闭，往往形成含油气构造，这从泌阳盆地各油田的开发实践业已证实。因此隐藻层纹石岩分布层段往往反映了地层中具有较好的生储盖组合，它对油田进一步勘探和扩大储量可提供有价值的依据。

本文系泌阳凹陷双河、井楼、下二门、赵凹、王集等油田下第三系核桃园组细分沉积相研究成果的一部分。有关构造、沉积背景、相带层布和时空变化等详细内容请参看以上各油田的研究报告（中国科学院南京地理与湖泊研究所，河南油田勘探开发研究院，1987—1988）。并对本所和河南油田研究院同志的支持与合作一并致谢。

收稿日期 1988年7月4日

### 参 考 文 献

- (1) 王尚文, 1983, 中国石油地质学, 石油工业出版社。
- (2) 李纯菊等, 1987, 泌阳小型山间断陷湖盆的沉积体系及含油性, 北京石油地质会议报告论文集, 石油工业出版社。
- (3) C.L.V.Monty, 1976, The origin and development of cryptalgal fabrics, In: Stomatolites, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p.193-249.
- (4) T.D.Brock, 1976, Environmental microbiology of living stomaolites, In: stomaolites Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, p.141-148.
- (5) M.R.Walter, 1976, Stomatolites, Elsevier Scientific Company, Amsterdeam, p.1-3



## LACUSTRINE CRYPTOALGAL LAMINITE AND ITS ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE, EOGENE HETAOYUAN FORMATION, BIYANG DEPRESSION

Wang Yunfei Wang Sumin Feng Min

(Nanjing Institute of Geography and Lake Sciences, Chinese Academy of Sciences)

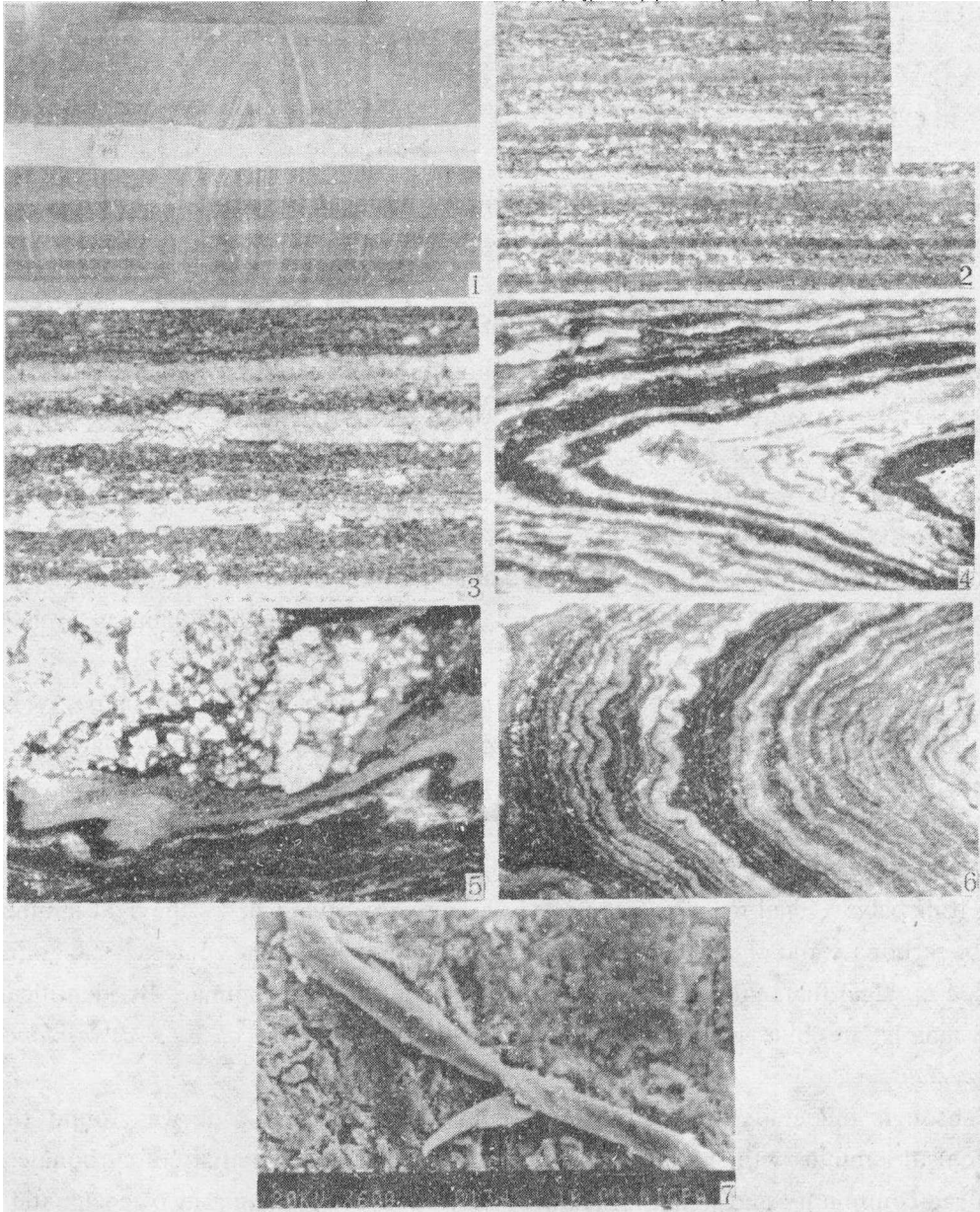
### Abstract

Biyang Depression developed on the Qinling folded belt in a Eogene inland faulted oil-bearing basin, in which Oligocene Hetaoyuan formation expresses a large depression sequence, with a multiple cycle character. During deep basin-shallow water and desiccated deep basin period of basin evolution, the natural environmental conditions were favourable for the growth and bloom of blue green algae. In addition, the frequent fluctuation of high and low lake level, especially flush flood caused periodic terrestrial clastic supply, which combined with algal mats grew on the mud flat, forming cryptoalgal laminite cycles with a different rhythm.

The cryptoalgal laminite can be divided into two kinds based on their shapes: 1) horizontal laminated cryptoalgal laminite composed of couples, namely dark and light laminae, with horizontal texture; 2) cryptoalgal laminite with an irregular deformed laminated structure, generally wave or dome-like laminae. The dark laminae composed of cryptocrystal calcite and Fe-dolomite has a dark colour by organic matter infection, under SEM it displays a algal mat form consisted of dense algal filaments; the light laminae consists of carbonate and algal fragments and fine clastic minerals. The coarse clastic grains were trapped by algal filaments. It is a significant fabric in the light laminae. By identification, there mainly are blue green algae fossils: *Lyngya*, *Microcoleus*, *Phormidium* and *Hydrocoleus*.

Through the study of sedimentary sequence and facies, it was found that the cryptoalgal laminite with special structure was formed by living activity of carbonate-building algae community and periodic sediment input under arid-semiarid paleoclimatic condition and hence lake diminishing and increasing in salinity of lake water. The reasons formed two kinds of cryptoalgal laminite may mainly be water depth, dynamics, genera and species of algae and its degree of development and so on. The most favourable sedimentary facies belts for formation of cryptoalgal laminite are mud flat, interfan deltaic bay and interunstable channel on mud flat.

The special texture and mechanism of formation for cryptoalgal laminite makes itself become a good indicator to paleoenvironmental analysis of oil-bearing strata in Biyang Depression. It provides the valuable date for oil-gas exploration in the basin.



1. 岩心中的隐藻层纹石岩 2. 具有水平纹层构造的隐藻层纹石岩 ( $\times 20$ ) 3. 钙片页岩 ( $\times 20$ )  
 4. 具有不规则变形纹层构造的隐藻层纹石岩 ( $\times 5$ ) 5. 隐藻层纹石岩受冲刷破坏 ( $\times 5$ ) 6. 王 28  
 井 1245.5m 处的隐藻层纹石岩 ( $\times 5$ ) 7. 微鞘藻属藻化石 (扫描电镜)